

جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الخامسة عشر

١٢٧

محاضرة

عن صناعة الأسمدة

من كهرباء خزان أسوان

لحضرة الدكتور محمود عمر

الأستاذ بمدرسة الهندسة الملكية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٣٥

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شينى) ويرسل برسمها .



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الخامسة عشر

١٢٧

محاضرة

عن صناعة الأسمدة

من كهرباء خزان أسوان

لحضرة الدكتور محمود عمر

الأستاذ بمدرسة الهندسة الملكية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٣٥

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسـومات اللازمة بالحبر الأسـود (شيني) ويرسل برسمها .

صناعة الأسمدة

من كهرباء مساقط المياه

قبل البدء فى صناعة الأسمدة من الجو بمساعدة الكهرباء أود أن ألقى نظرة على التطورات التى دعت إلى هذا الاختراع الذى أحدث تطوراً هاماً فى تاريخ الصناعة وإلى أهميته فى التطورات الحالية وبالأخص بالنسبة إلى مصر .

يحتوى الهواء نحو ٨٠ ./. آزوتاً ونحو ٢٠ ./. أوكسيجيناً وبعض الغازات الأخرى بكسور مختلفة ولقد ظل آزوت الهواء حتى بدء القرن العشرين لا يستفاد به من الوجهة الصناعية مطلقاً لشدة احتفاظ جزيئ الآزوت بكيانه وعدم تداخله فى تفاعلات عادية ولما كان الآزوت الغازى لا يذوب فى الماء إلا بنسبة ضئيلة وهو كما يعلم الجميع مكون هام للمواد الزلالية فى النبات والحيوان . وجب إذن تحويله إلى أملاح ذائبة أو مركبات يمكن إدخالها إلى جذور الأشجار . وكان اعتماد الزراعة فى كافة أنحاء العالم على الآزوت الموجود فى ملح شيلى أو المستخرج من سلفات النشادر من تقطير الفحم الحجرى . وظلت شيلى حتى عام ١٩١٢ مصدر البلاد الزراعية بدرجة أن بلغ ما كان يستخرج من مناجمها فى ذلك العام نحو ٢و٥ مليون من الأطنان وبلغ ثمن الطن الواحد أكثر من ٢٠ جنيهاً مصرياً وتضاعف هذا المبلغ فى أثناء الحرب العظمى لشدة ما لهذه النترات من علاقة بصناعة

المفرقعات وكثير من الأملاح الأخرى المطلوبة فى الحروب . وهذا علاوة على مقادير النشادر المستخرجة بكميات وافرة من تقطير الفحم فقد أنتجت المانيا وحدها فى عام ١٩١٢ ما يقرب من ٥٠٠ ألف طن غير ممالك العالم الأخرى المالكة لمناجم شتى من الفحم الحجرى .

ولما كانت الحرب العالمية وقاست الدول الأوروبية من ضروب الحصر البحرى ما عاق وصول ملح شيلى إليها ففتقت الحاجة حيلة العلماء فاستخدموا كنزاً قديماً لكافنديش أغناهم عن شراء هذا الملح . فلقد وجد هذا العالم فى أواخر القرن الثامن عشر أنه إذا مرر شرراً كهربائيا فى الهواء فان غازاً أحمراً يتكون ويذوب فى محلول الصودا ولكن هذه الفكرة أهملت لعدم إمكان تطبيقها عملياً — فلما حان الوقت وأصبح النصر فى الحرب لا يقوم أمامه ثمن عمدت المصانع إلى استغلال هذه المشاهدة حتى فازت فى عام ١٩١٦ بصناعة حامض الآزوتيك مباشرة من الهواء وتقدمت هذه الصناعة بالطرق المختلفة حتى غمرت أسواق العالم بعد أن وضعت الحرب أوزارها بدرجة اضطرت معها أسواق شيلى للهبوط فكان الطن فى عام ١٩٢١ باثنى عشر جنيها ونصف . وفى عام ١٩٢٥ ، ١١ جنيهاً مصرياً وفى عام ١٩٣٠ عشرة جنيهات وفى عام ١٩٣٢ ، ٩,٤٠٠ جنيهات وبلغ ثمن ما استوردته مصر فى عام ١٩٢٥ من أصناف الأسمدة الازوتية المختلفة ٢ ¼ مليونا من الجنيهات وفى عام ١٩٣١ ما قيمته نحو (١,٨٠٠٠٠٠ جنيه) وفى عام ١٩٣٢ رغم الأزمة الشديدة (١,٦٠٥٠٠٠ جنيه) وفى عام ١٩٣٣ نحو (١,٨٠٠٠٠٠ جنيه)

وبلغ ثمن كبريتات النشادر الصناعية التى تحتوى على ٢٠,٩ ٪ من

الآزوت نحو ٨ر١٠٠ جنيهات أى أقل ثمناً من نترات شيلى الطبيعية المحتوية ١٦٫٠٪ آزوتاً بأكثر من جنيه في الطن الواحد وهذا ما يرينا السبب فى هبوط ملح شيلى هذا الهبوط الكبير.

ويقدر نوع السماد الأزوتى عادة بمقدار الأزوت الذى يحتويه ويكون ذائباً فمثلا :

كبريتات النشادر تحتوى ٩ر٢٠٪ آزوتاً وكلورور النشادر ٢٥٪

نترات النشادر » ٢٦ ٪ » ونترات الجير ٢١٪

نترات الصودا » ١٦ ٪ » ونترات لونا (صناعى) ٣٧٪

وهناك جملة مزيجات سمادية أخرى تحتوى أملاحاً مختلفة من الآزوت أو من الآزوت والفسفات . ولتعرف أهمية الأسمدة فى الزراعة نأتى على مختصر من ميزانية الأرض العادية فى مصر من إيرادها ومصروفها فى الآزوت.

فيكسب الفدان الواحد من الأرض المروية بماء النيل ما يأتى:

نحو ٦ كيلو جرام أزوت من الطمى ونحو ١١ كيلو جرام أكسيد فسفور

ونحو ٣٠ — ٤٠ كيلو جرام أزوت من المزروعات الأزوتية داخل الأرض (لوجمينز)

ونحو ٥٠ كيلوجرام أزوت للأراضى المنزرعة برسيماومستعملة كمرعى

فيقع على الفدان نحو ٩٥ كيلوجرام أزوت يضيع منها نحو الثلث فى ماء الصرف للقطن ويأخذ المحصول ما يتبقى مضافاً اليه طبعا الازوت الصناعى الذى يضاف وهو نحو ٢٠٠ كيلو فى المتوسط

وقد كان مجموع ما استهلك من الأسمدة لتقوية الأراضى فى مصر بحسب الأعوام الزراعية (من يوليو) إلى نهاية يونيو من كل عام محسوبا على مقادير الأزوت كالآتى بالطن .

عام	١٩٢٧—٢٨	٢٩/٢٨	٣٠/٢٩	٣١/٣٠	٣٢/٣١	٣٣/٣٢	٣٤/٣٣
طن	٣٤٠٠٠	٣٦٠٠٠	٤٤٠٠٠	٤٠٠٠٠	٤٢٠٠٠	٣٩٠٠٠	٤٠٠٠٠

وكان مجموع ما أنتج فى العالم من الأسمدة الأزوتية فى الأعوام نفسها كالآتى بالألف طن أزوت

١٧٠٠	٢٣٠٠	٢٣٥٠	١٧٠٠	١٦٠٠	١٧٠٠

وهى موزعة على جميع ممالك العالم أولها ألمانيا ثم اليابان ثم انجلترا وهى محسوبة على الأنواع المختلفة من الأسمدة الازوتية مثل نترات الصودا ونترات الجير والجير النشادرى والسياناميز

ويقع على البلاد الزراعية المتمدينة المقادير الآتية من الأسمدة الأزوتية عن كل هكتار منزرع

اليابان ٤١٫٥ كجرام أزوت مصر ٢٠٫٥ ألمانيا ١٨٫٢ هلاندا ٧٧ الولايات المتحدة ١٫٥ اليونان ٫٨ إيطاليا ٥٫٣ رومانيا ٫٠٠٢

وإذا راعينا أن معظم أراضى مصر تعطى محصولين كان هذا الرقم مضاعفا بالنسبة للبلاد الأخرى .

ونرى من كل هذا الاحصاء تزايد المقطوعية باستمرار إذا استثنينا ثلاث السنين العجاف التى أشتدت فيها الأزمة الزراعية إذ نرى بعد ذلك انتعاشاً فى ٣٣ / ٣٤ .

كما أننا نستنتج أن زيادة اهتمام العالم بالمحاصيل الزراعية وهى كنز فى الممالك لا يفنى وتقدم العمران والاضطرار إلى تحسين الأراضى البور — كان ذلك كله من دواعى التفاؤل القوى لاستغلال مثل هذه الصناعة فى مصر — بدون التعرض طبعاً للاحوال الاقتصادية العالمية . كما أننا يمكننا أن نتفاءل بأن المقدار المستعمل فى مصر وهو نحو ٢٠٫٥ كيلوجرام الان على الهكتار من الأرض يمكن أن يصير عشرة أمثـــال هذا المقدار إذا استغل كل فدان ما يصح أن يستغله ليخرج من الأرض أقصى محصول .

صناعة الأسمدة الآزوتية

كانت العقبة الـكؤد فى صناعة الأسمدة الآزوتية هى وحدة جزىء الازوت وعدم تفككها واتحادها بالعنـاصر الأخرى ومن ثم كان كل مجهود الباحثين منصرف إلى تقسيم جزئى الآ زوت إلى ذراتها وقد توصلوا فعلا لذلك بطريقتين عامتين . أولاهما اتحاد الآزوت بعناصر أخرى بالعامل الوسيط والضغط والثانية بإحراق الهواء بالشرر الـكهربائى — وأهم هذه الطرق صناعيا الآن هى صناعة النشادر من مكوناته ثم حرقه مع الهواء إلى حامض الازوتيـــك إذ أن اتحاد الازوت بالايدروجين أسهل منه بالأوكسيجين ورغم ازدواج العملية للحصول على حامض الأزوتيك فان النسبة النهائية أعلى مما لو كان الاحتراق مباشرة . وللبدء فى هذه العملية — عملية تحضير النشادر — يجب أولا تحضير الأزوت نقياً من الهواء وتحضير الايدروجين .

أما تحضير الأزوت فكان يصنع أولا بواسطة احتراق النحاس فى الهواء فيأخذ الأوكسيجين ويتبقى الأزوت وهى طريقة عتيقة وفى معظم الأحيان يكون الآزوت ممتزجا ببعض الغازات الأخرى مثل ثانى أكسيد الكربون والهليوم وغيرها ويستخلص الآزوت حديثاً بتقطير الهواء السائل تقطيراً جزئياً وأحدث هذه الطرق بواسطة عمود التقطير المزدوج [Linde Eismaschine] وهو عبارة عن سلسلة مقطرات للهواء السائل وهذا الجهاز كما هو موضح فى شكل (١) يحتوى على عمودين للتبريد فيدخل الهواء المنقى المبرد إلى أقل من ١٥٠° تحت ضغط نحو ٥٠ جو فى المكثف (١) فيتحول إلى سائل ويخرج من (٢) بعد أن يخفف الضغط من عليه فينزل الاوكسيجين السائل إلى أسفل بينما الازوت يتبخر لما بينهما من فرق فى درجة التبخر والضغط ويتبخر أيضاً جزء من الأوكسيجين مع الأزوت مكونا نحو ٤٠٪ منه وبملامسة هذه الغازات للاكسيجين السائل النازل من أعلى يسيل بعض الأوكسيجين ثانيا وبهذه الطريقة يصير الأزوت نقيا بالتدريج إلى أن يصل إلى المكثف الأعلى (٣) حيث يضغط ثانيا المزيج ويرفع الأزوت السائل (المحتوى قليلا من الاوكسيجين) إلى أعلى العمود الثانى (٤) حيث ينزل فيه فيتبخر وينقى بالطريقة نفسها حتى يصل إلى نحو ١٠٠ ٪ آزوت ويؤخذ كغاز من الفتحة (٥) . والأزوت الغازى يسيل فى — ١٩٥٫٧° تحت الضغط المعتاد بينما يسيل الاوكسيجين فى — ١٤٨٫٥ .

والازوت يحتاج فى تسييله فى درجة حرارته الحرجة (— ١٤٧°)

إلى ٣٤٫٥ جو تقريبا وفى (— ١٦٣) إلى ١٤ كيلو جرام سنتيمتر ضغط وفى (— ١٨٠°) إلى نحو ٤ كيلوجرام سنتيمتر ويزن اللتر منه فى الحالة الغارية ١٫١٤٨ جرام وكثافته وهو سائل أقل من الماء (٠٫٨٠٨) عند درجة التسيل وتبلغ حرارة تبخر السائل (عند درجة تبخره) نحو ٤٧ سعرا للكيلوجرام.

أما تكاليف إنتاج المتر المكعب من هذا الغاز مع حساب استهلاك رأس المال والماكينات فيتوقف عادة على إدارة المصنع إذا كان العمل طول الـ ٢٤ ساعة وكمية الإنتاج فاذا زادت هذه عن ٤٠٠٠ متر مكعب ساعة كانت تكاليف المتر المكعب ما يعادل ١/٤ — ١/٣ كيلووات ساعة.

أما إذا قل الانتاج عن ٤٠٠٠ متر مكعب ساعة كانت التكاليف أكثر قليلا.

أما الايدروجين وهو المكون الثانى للنشادر فيحضر من تحليل الماء Ho_2 بالعوامل المختلفة فيحضر فى أوربا مثلا بتحليل المـــاء بواسطة الفحم الكوك المكدس وبمرور الماء عليه فى درجة حرارة احمراره يحللها إلى عناصرها الأوكسيجين - ويكون معه أول أكسيد الكربون والايدروجين ويبقى ممتزجا به. وهذا المزيج ويسمى غاز المـــاء يحتوى تقريبا ٥٠٪ إيدروجينا، ٤٢٪ أول أكسيد الكربون، ٥٪ أزوتا، ٣٪ ثانى أكسيد الكربون ويمكن استخلاص الايدروجين من هذا المزيج بجملة طرق صناعية منها أكسدة أول أكسيد الكربون بواسطة غاز الماء ثانيا بالضغط والحرارة ثم امتصاص ثانى أكسيد الكربون أو

تبريده فيتحول سائلا ويبقى الايدروجين فى حالته الغـازية فيجمع . ويتحول ثانى أكسيد الـكربون إلى سائل فى (— ٧٠°) مئوية بينما الايدروجين يسيل فى — ٢٥٣° تقريبا وكذلك يمكن امتصاص أول وثانى أكسيد الـكربون بواسطة ماء الجير — ويتبقى الايدروجين .

وقد يحضر الايدروجين أيضا من بخار الماء بواسطة تمريره الأخير على الحديد المنصهر فى أفران خاصة فيتأكسد الحديد على حساب بخار المـاء ويتبقى الايدروجـين حراً ويختزل أكسيد الحديد ثانيـاً بواسطة أول أكسيد الـكربون أو غاز الماء وتعاد العملية الأولى وهكذا فيمكن استعمال الحديد على التوالى واستخراج الايدروجين من بخار الماء وهى طريقة تحتاج إلى فحم كثير للاختزال وتسخين الحديد .

أما طريقة تحليل الماء كهربائياً — وهى فى اعتقـادى أجدى الطرق لحالة مصر لعدم وجود الفحم بـكمية وبثمن يمكن اتخاذه كخام لتحضير غاز الماء . فهى تتلخص فى إمرار تيار كهربائى فى محلول نحو ٢٨٪ من الصودا الـكاوية فى بطاريات حديدية ذات أقطاب من الحديد عالية ومحاط كل منها بكيس من الحرير الصخرى Asbestos ليمتنع تسرب غاز الايدروجين من القطب السالب إلى غاز الأكسيجين المـكون على القطب الموجب وحتى لا يمتزجا كما هو مبين بالشكل (٢) وهذه الخليات تختلف باختـلاف المادة العازلة واختلاف الأقطاب وأهمهـا الآن بطارية شوكارت — ومتوسط قوة البطارية نحو ١٢٠٠ أمبير وبهـا عدة لوحات حديدية متصـلة بالتوالى وفرق القوة الدافعة الـكهربائية من أول دخولها البطارية إلى خروجها منها

نحو ٢٣ فولت — ويتكلف فى مثل هذه البطارية المتر المكعب من الايدروجين ونصف المتر من الأكسيجين نحو ٤ر٦ — ٥ر٢ كيلووات ساعة بحسب عدد الأمبيرات وتبلغ نقاوة الايدروجين من هذا الجهاز ١٠٠ ٪ والأوكسيجين كذلك وأكبر محطة من هذه البطاريات حتى عام ١٩٣٢ أنشت فى فرنسا وبها ٨٠٠ بطارية منظمة فى ٤٠ صف ولكل مائتين منها اتصال كهربائى بقوة دافعة ٥٠٠ فولت وقوتها ٨٦٠٠ أمبير ومحطة أخرى فى كولومبيا البريطانية وبها ٣٠٦ بطارية تشتغل ب ١٠ آلاف أمبير وتخرج فى الساعة نحو ١٤٠٠ متر مكعب إيدروجين ، ٧٠٠ متر مكعب أوكسيجين وهناك خليات توزر وأكثر استعمالها فى إيطاليا فى بلدة Crotone بشركة النشادر عدة بطاريات تشتغل على قوة دافعة ٧٠٠ فولت وقوة كهربائية ١٤٠٠٠ أمبير حيث يقع على كل خلية ٣ر٢ فولت ومجموع قوة المحطة ٣٠٠٠٠ ألف كيلووات ويتكلف فيها المتر المكعب من الايدروجين ٥٦ر٥ كيلووات الساعة — وخليات زالى وهلمبو كثيرة الاستعمال أيضا .

فنرى من ذلك أن متوسط القوة الدافعة الكهربائية لكل بطارية يتراوح بين ٢ ، ٥ر٢ وعدد الاميرات تختلف بحسب قوة المساقط فينتج إنتاجاً اقتصادياً وتختلف الخليات كما ذكرنا فى نوع المادة العازلة — السمنت أو الحرير الصخرى أو شبكة معدنية وخليات هلمبو تمتاز بارتفاعها وقلة المكان المطلوب لها أما خليات شوكرت فتمتاز برخص إنتاجها وقلة التغيير فى أجزائها فالعازل يمكث سبع سنوات والألكترودات نحو ٩ سنين

وملء البطاريات كل سنتين — أما بطاريات الرصاص فقليلة الاستعمال لثقلها

وقد يحضر الايدروجين أيضا بجملة طرق أخرى بتفاعل الماء أو الحوامض على بعض المركبات مثل كربيد الكاسيوم والفروسليكون وغيرها وكل هذه الطرق لا أهمية لها فى هذا المقام لعدم تيسر استعمالها .

والآن وقد وصلنا إلى هذه النتيجة أى استخلاص الازوت من الهواء ثم الايدروجين من الماء نأتى الآن إلى تحضير النشادر من هذين الغازين وقبل الخوض فى الطرق المختلفة لتجمع هذين الغازين أود أن ألقى نظرة عامة على ما يحيط هذا التفاعل من ظروف وتأثير خواص الغازات فيه فقد ذكرت قبل الآن أن الآزوت غير قابل للتفاعل فى حالته الطبيعية إذ أن جزيئه ليس من الجزيئات النشيطة وبناء عليه وجب تنشيطه باحدى الطرق الفعالة لنخرجه عن هذا الكسل الطبيعى . وإحدى هذه الطرق وأهمها تأثيرا هى بواسطة العامل المساعد . ونظرية هذه المساعدة هى امتصاص الغاز (الآزوت) باحدى هذه العوامل . امتصاصا سطحيا ثم إعطائه ثانيا فى حالة الذرية فيصبح نشيطا . وهذه العوامل المساعدة مثل كربيد الحديد أو أكسيد الكوبلت أو الأسميدم أو الفنادين أو البلاتين أو غيرها تملك هذه الخاصية ولكنها ليست فى الحرارة المعتادة بل فى درجات من ٥٠٠ — ٦٠٠° م وهذا ما يزيد الطريقة تعقيدا لتأثير الحرارة فى تحلل جزيئات الآزوت المركب . وهناك طرق أخرى لتنشيط الأزوت باتحاده مع الألمنيوم أو مع كربيد الجير سنأتى عليها بعد .

وطريقة العامل الوسيط هذه هى المستعملة فى تثبيت الأزوت باتحاده

مع الايدروجين لتكوين النشادر وتتوقف عملية النشادر بعد التنشيط بالعامل الوسيط على نظريتين أساسيتين .

الأولى : إن حجما من الأزوت يتحد بثلاثة أحجام من الايدروجين ليكون حجمين من النشادر أى أن أربعةأحجام غازات تتقلص إلى حجمين من النشادر الغازى ومعنى هذا بحسب نظرية أفوجادرو وقانون تأثير القوى أن الضغط لابد وأن يساعد هذا التفاعل إذ أنه (أى الضغط) سيؤثر على الأربعة حجوم غازات فتتجه إلى الاتجاه الذى يقل فيه الضغط أى إلى اتجاه تكوين النشادر الذى هو أقل حجما .

الثانية : إن تكوين النشادر يعطى حرارة وهذه الحرارة تساعد على تحلل النشادر إذ أن $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 +$

توازن التفاعل يتجه إلى كفة النشادر فى البرودة ولذا كانت سرعة التبريد ضرورية لاستبقاء جزء كبير من النشادر المتكون قبل تحلله — وهذا طبعاً غير تأثير الحرارة التى يجب أن تعطى للعامل الوسيط — ويساعد عدم تحلل النشادر فى مثل هذه الحال بالضغط أيضاً لجمع جزء من المتحلل وإعادة تكوينه ولنرى الآن تأثير الضغط فى إعادة تجمع النشادر بالجدول الآتى فى ٢٠٠° بعد تحلله .

ضغط جوى	واحد	٣٠	١٠٠	٢٠٠
نسبة المتكون	١٥,٣ ٪	٦٧,٧	٨٠,٦	٨٥,٦

أما فى درجات الحرارة العالية فيتحال جزء أكبر فيتبقى مع ضغط ٢٠٠ جو فى درجة ٥٠٠° (درجة العامل الوسيط) نحو ٢٥ ٪ . هذا إذا

ضغطت الغازات إلى مدة طويلة أما إذا كان تيار الغازات مستمرا (كما هو الحال دائما فى الصناعات الغـــازية) فيتبقى نحو ٨ ٪ وبأتم الطرق التبريدية الحديثة نحو ١٢٪ من كمية النشادر وهى نسبة صناعية جيدة.

وأهم الطرق المستعملة لعمل النشـادر من مركباته أربع طرق — طريقة هابر وفوزر وكاتالى وكلودر والطريقتان الأوليان تشتغلان بضغوط لا تزيد عن ٢٠٠ جو أما الطريقة الثالثة والرابعـــة فتشتغلان على ضغط ٨٠٠ — ١٠٠٠ جو — وتختلف الطرق الثلاث الأولى فى تحضير الغازات الأساسية أولا ثم فى تصميم الفرن النشادرى ثانيا وفى كمية الضغوط ثالثا ولنبدأ بأهمها وأكثرها إتباعاً وهى عملية هابر : (شكل ٣).

تتلخص هذه العملية بعد تحضير الآزوت من ضواغط الهواء (طريقة لندا) ثم تحضير الايدروجين من غاز الماء بعد تنقية أول أكسيد الكربون بواسطة بخار الماء وتنقيته وامتصاصه كثانى أكسيد الكربون يؤخذ — مزيج الغازين المبرد فى ١٤ ويمرر فى فرن من الصلب فيمران على العامل الوسيط — وهو غالباً كربيد الحديد أو الكوبلت المسخن فى درجة ٤٥٠—٥٠٠°م بسرعة هادئة تحت ضغط ٢٠٠ جو (١٦) فيتجمع نحو ١٢٪ من الغازين إلى نشادر ثم ينزل من النشادر السائل من أسفل الفرن إلى الطلمبة وبها يضغط مع الغازات الأخرى المتبقية إلى ١٢ وهنا يفصل الغاز المتكون إلى نشادر إلى المبرد ١٥ ومنها يسحب بينما الغـازات غير المتحدة تخرج ثانياً من ١٢ إلى المبرد ١٤ وتعود بدورها إلى الفرن ١٦ وهكذا وهذه الطريقة لا تحتاج إلى كهرباء كبيرة لعدم استعمالها فى تحضير الايدروجين.

أما طريقة فوزر فكما هو مبين فى شكل (٤) يحضر الأيدروجين بواسطة بطاريات تحليل الماء كما شرحناها من قبل (١) ويتجمع الايدروجين من القطب السالب فوق عازمتر ٢ يمتص الايدروجين بواسطة المضخة ١٤ إلى إناء ١٣ حيث يميز فى هذا الآناء بنسبة ٣ أحجام إيدروجين إلى حجم واحد آزوت ومنه إلى الغازومتر ٤ وبواسطة المضخة يمتص ٣ ويضغط إلى الفرن ٦ ويبلغ ارتفاعه ٨ أمتار وفيه العامل الوسيط المسخن إلى ٥٠٠° — وهو غالباً كربيد الحديد وتمر الغازات تحت ضغط ٢٥٠ جو فتتحد ثم تبرد فى ٨ ، ٩ ، ١٠ ويؤخذ النشادر إلى ١١ حيث يخرج الهواء بنسبة ٤ نشادر إلى ٤٠ هواء أو أربعة نشادر إلى ٨ أوكسيجين ليحترق إلى حامض الآزوتيك فى فرق ١٢ ويركز فى الأبراج ١٥ وبذا تكون قد انتهت العملية .

وتتلخص طريقة كزالى فى إدخال مزيج الغازات الآزوت والايدروجين إلى الضاغظ (٢) الذى يضغط الغازات على ست خطوات إلى ٨٠٠ جو وبعد تنقية الغازات فى ٤ ، ٥ يدخل إلى الفرن ٦ فيمر على العامل الوسيط وهو المسخن إلى نحو ٥٠٠° وفى هذا الفرن يتحول نحو ٢٠٪ من الغازات إلى نشادر ثم يبرد النشادر إلى ٢٠٠° وينقل منها إلى مبرد آخر (٧) وبعد تحوله إلى سائل يؤخذ إلى المستودع ٨ تحت ضغط أخف ثم يخفف الضغط ثانياً فى المستودع (٩) حتى يصل إلى ٢٠جو فقط حيث يؤخذ النشادر السائل من الفتحة ١٠ أما النشادر الذى يتسرب فيذوب

فى الماء فى إناء ١٢ ومنها يؤخذ محلول النشادر . (شكل ٥)

ويستعمل فى كل هذه الطرق بحسب الباتنتات المختلفة أفران مختلفة لاتحاد الغازات وهذا هو أهم فارق بين الطرق المختلفة ولنضرب مثلا لذلك فرن النشادر فى طريقه كازالى : ففى هذا الفرن تدخل الغازات كما هو مبين فى شكل ٦ من فتحة (١) ويمر مزيج الغازات بالنسبة المحددة على العامل الوسيط المسخن ٤ بواسطة مقاومة تيار كهربائى فى ٥٠٠° (٣) ويبرد المزيج المتحد بعد ذلك بواسطة المبردات ٢ ، ٢ ا بتيار الهواء السائل ويمزج النشادر بالسائل المضغوط بعدئذ من الفتحة (٥) وهذه الأفران فى الغالب محاطة بجملة أسرار صناعية كنوع العامل الوسيط وحرارته وطريقة التبريد وتفاصيلها وضغط الغازات وسرعتها وهلم جرا .

وهناك طريقة أخرى لعمل النشادر من خاماته وهى طريقة كلود وفيها تضغط الغازات تحت ١٠٠٠ جو وهى تعطى نسبة أعلى من سواها عن الكيلووات ساعة إلا أن انتاجها محدود ومصانعها عالية التكاليف بدرجة تعوق استعمالها فى فى كل مكان وبسهولة مع كثرة الانتاج .

أما طريقة تنبيت الازوت باتحاده مع كربيد الكلسيو إلى سيانميد الجير فتحتاج إلى فحم كثير أولا لاختزال الجير إلى معدن الكلسيوم ثم اتحاده إلى كربيد الجير ويتحول بعد ذلك إلى كربونات الجير الذى هو منتج ثانوى لاثمن له فى مصر لوجوده بكثرة ولا تستغل فيه الكهرباء إلا بقدر تسخين الأفران ولذا فليس من حسن استغلال كهرباء خزان أسوان اختيار هذه الطريقة .

أما طرق تثبيت الآزوت مباشرة مع أكسيجين الهواء ليكون أكسيد الازوت بالاحتراق الكهربائى فى أفران متعددة متحدة فى النظريات وهى تعريض اكبر حجم من الهواء الى سطوح الشرر الكهربائى الذى يتولد بين أقطاب كهربائية بطريقة أو بالأخرى .

ومن هذه الأفران أفران شونهر التى تدخل الهواء الى الفرن بطريقة ملامسة لحائطه فيحدث فى تياره دورانا حلزونيا يعرض سطحا أكبر من الهواء للشرر .

أو فرن بولنج ويمرر الهواء على قطبين منفرجين تتطاول بينهما الشرر الى أن تنقطع — ويتعرض أيضا سطح الهواء هنا لتأثير الشرر بكمية لا بأس بها .

ثم أشهرها وهو فرن بركلاندوايدا . فى هذا الفرن مغنطيسان كهربائيان موصلان الى تيار متغير الأقطاب المغنطيسية من موجبة الى سالبة وبالعكس ٤٠٠٠ مرة فى الدقيقـــة وعمودى على محور هذين المغنطيسين قطبان كهربائيان آخران يبعثان بشرارة قوية بينهما . فتلقط هذه الشرارة من قطب الى الآخر بهذه السرعة مكونة فيما بين المغنطيسين منطقة عالية الحرارة . الشمس الكهربائية . وبمرور الهواء الآتى من أسفل الفرن واختراقه لهذه المنطقة يتكون فيه أكسيد الأزوت بنسبة لا بأس بها

وكل هذه الأفران مهما كلت فى احتياطها فسرعة تحلل أول أكسيد الازوت فى درجة حرارة هذه الأفران وهى حوالى ٣٢٠٠ (وهى أكثر درجة نسبيا يتكون فيها أول أكسيد الازوت) أقول سرعة التحلل

عالية جداً بدرجة يتعذر فيها على الصناعة الحصول على أكثر من نسبة معدودة من أكسيد الازوت سليما . ولأضرب لـكم مثلا يبين سرعة هذا التحلل أذكر أنه فى هذه الدرجة ٣٢٠٠ تكون حوالى ١/٥٠٠٠٠٠ من الثانية كما حسبها العالم نرنست ومن هنا يتضح صعوبة التحايل على استبقاء جزء أكبر . ويصل تـكاليف كل ٨٠ جرام (فى أحسن الأحوال) من حامض الازوتيك نحو ١ كيلووات ساعة أى أن كيلو جرام الأزوت يكلف نحو ٧٥ كيلووات ساعة . وهذا أيضا لا يأتى فى الاعتبار للصناعة فى مصر مهما رخص انتاج الـكهرباء .

ويعد هذا المختصر العلمى أسوق إليكم بعض الأرقام الاحصائية عن أى الطرق أقرب الى الاستغلال فى مصر مع مقارنة بسيطة للطرق الأخرى

يتكلف كيلوجرام الأزوت لتحويله الى نشادر بطريقة هابر نحو ١٫٥ كيلووات ساعة ويزيد على ذلك تكاليف تحضير الأزوت (نحو ٢ر كيلووات ساعة) وتـكاليف الايدروچين (نحو ١٥ كيلورات ساعه وحرقه الى حامض الازونيك ٢ — ٣ كيلورات ساعه فيكون المجموع ١٩ — ٢٠ كيلورات ساعة بينما يتكلف كيلوجرام الأروت المتحد الى نشادر فى طريقة السيانميد نحو ٢٠ كيلووات ساعة أضف الى ذلك تـكاليف حرق النشادر من ٢ — ٣ كيلووات ساعة أى نحو ٢٢ — ٢٣ كيلووات ساعة أما فى طريقة حرق الهواء مباشرة بالأفران المختلفة فتصل فى أحسن أحوال الحرق والتبريد لـكل كيلوجرام أزوت متحد من ٧٠ — ٧٥ كيلووات ساعة

هذا طبعا بدون النظر الى الخامات ففى الحالة الأولى والثانية ينعدم ثمن الخامات اذ أنها الهواء والماء بينما فى الحالة الثانية يضاف ثمن الكربون الذى سيتحول الى السيانميد .

ويتكلف فى طريقة هابر المتر المكعب من الايدروجين المحضر من غاز الماء نحو مليم ونصف مليم أى ما يعادل فى الايدروجين الكهربائى نحو ٠٫٣ مليم للكيلووات ساعة .

وتكون اذن العملية اقتصادية اذا أمكن تحضير الكيلووات ساعة كهربائيا فى التيار المتواصل (D. C.) الواطىء الدفع بما يعادل ½ ثمن كيلوجرام فحم الكوك والا كانت طريقة غاز الماء أجدى .

وكل هذه الحسابات محسوبة على المقاس الصناعى الكبير .

ولمقارنة الأثمان العالمية لكيلوجرام الأزوت اعتمد فى عام ١٩٢٥ مقدرة بالفرنك الذهب كالآتى : —

مصنع	كيلو جرام N_2 فرنك	مصنع	كيلو جرام N_2 فرنك	مصنع	كيلوجرام زدت فرنك
B.A.S.F. (ادبار)	٦٢٫٣	بلنجهام	٧٢٫٠	نوفارا	٦٥٫٢
مرسبرج	٥٨٫٥	شفيلد	٧٧٫٨	بثين	٦٥٫٣
				نيرامنتو يرو	٦٩٫٤

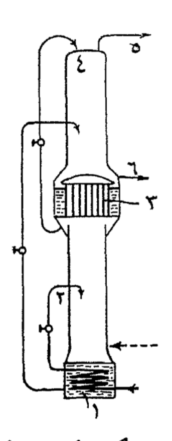
وقد يكون تحويل حامض الأزونيك فى مصر الى نترات الجير هو أرخص الأمكانات لوجود كربونات الجير فى الأراضى المصرية بصفة لا بأس بها فى النقاوة ومنها ما هو قريب من الخزان ويمكن نقلها اليه

بمجهود بسيط كما أنه ولا شك من الممكن استعمال كربونات الصودا من وادى النطرون اذا أريد تحضير نترات الصوديوم أو استبقاء النشادر وتحويله الى أملاحه اذا أريد استخدامه كسلفات النشادر أو غيرها .

ورغم أن طريقة تحضير الأسمدة عن طريق تكوين النشادر ثم حرقه طريقة مزدوجة كما ذكرنا وتكاليف مصنعها إكثر من تكاليف مصنع الحرق المباشر الا أن رخص انتاجها وامكان أكثاره وسرعة الانتاج كل هذا من المبررات التى جعلت كل الامم الآخذة بهذه الصناعة حديثاً تلجأ الى هذه الطريقة — أى تكوين النشادر .

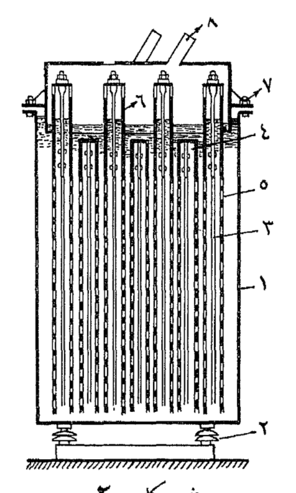
وبفرض كثرة تكاليف مصنع من هذا النوع فى مصر يتلاشى جزء كبير منهـا لوجود خزان أسوان الذى انمـا وجد ليخدم غرضا آخر . ويكون عادة بناء خزان لحجز المياه فى أوربا الجزء الأكبر من التكاليف لمثل هذا المصنع .

وانى لشديد التفاؤل بمستقبل مثل هذا المشروع فى مصر ليس فقط لتوفير الملايين من الجنيهـات سنويا وبصرفهـا فى داخل البلاد وهذا مما سيشجع الزراع لاستغلال تربتهم بطريقة أجود واستغلال الاراضى البور لرخص الأسمدة هذا مع احياء مديريتين أو ثلاث هى من أكثر مديريات القطر بؤساً وفاقة بتعمير أجزائها وأمكان استخدام الكهرباء المولدة فى كثير من الصناعات التى يصح أن تتركز فى هذا الجزء من القطر وبالأخص لقرب بعض مناجم المعـادن وغيرها من هذه الجهة النائية فيزداد عمرانها وثروتها والسلام .



شكل ١ ـ مقطر الهواء

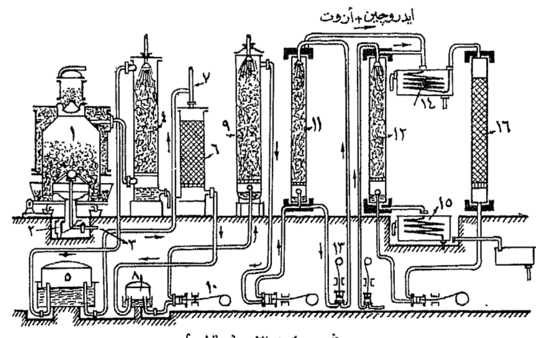
(١) المكثف الاول . (٢) مخرج الهواء السائل . ٣) المكثف الثانى
٤) مخرج الازوت السائل (٥) مخرج الازوت الغازى . (٦) مخرج الاكسجين



شكل ٢

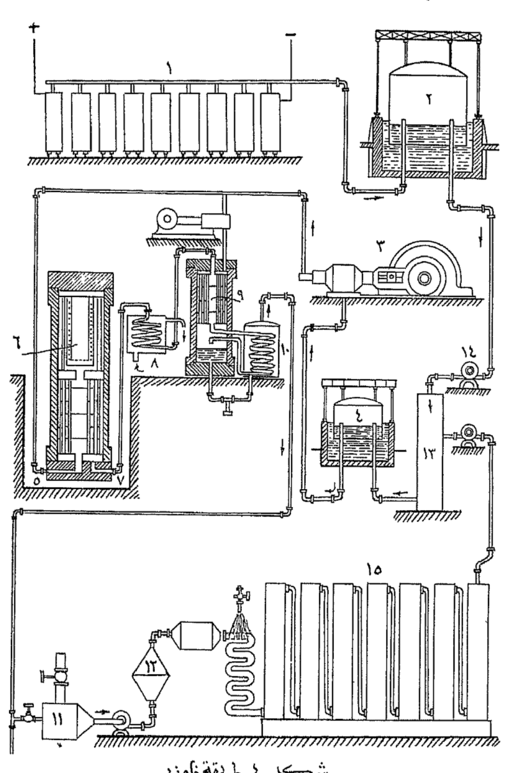
تحليل الماء الكهربائى

١ـ الحائط الحديدى للبطارية . (٢) المعازل . (٣) القطب الحديدى
٤ ـ الحاجز بين الاقطاب . (٥) كيس الحرير الصخرى . (٦) مخرج الغاز
٧ ـ مدخل التيار . (٨) أنبوبة الغازات



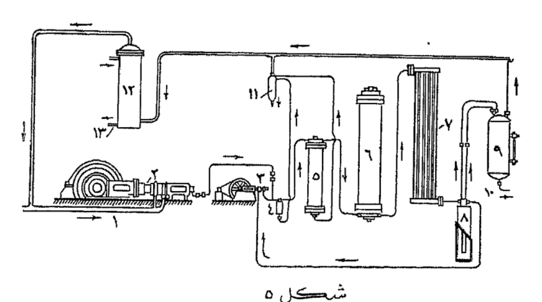
شكل ٣ ـ طريقة هابر

١ ـ مجهز الغاز المائى ٢ ـ ٣ دخول الغازات ٤ ـ منظف الغازات
٥ ـ الغازومتر ٦ ـ مجهز الايدروچين ٧ ـ دخول بخار الماء ٨ ـ غازومتر
٩ ـ منظف ثانى اكسيد الكربون ١٠ ـ ضاغط الهواء ١١ ـ منظف أول اكسيد الكربون. ١٢ ـ امتصاص النشادر
١٣ ـ طلمبة امتصاص ١٤ ـ مُبرِّد للغازات ١٥ ـ مُبرِّد للماء ١٦ ـ فرن النشادر



شكل ٤ طريقة فاوزر

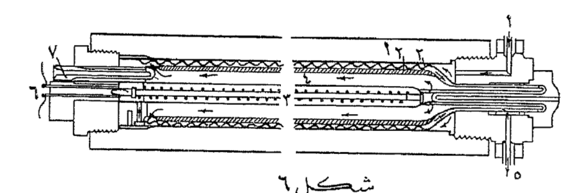
١ - بطارية لتحليل الماء   ٢ - جازومتر للايدروچين   ٣ - ضاغط   ٤ - غازومتر لمزج الايدروچين والازوت
٥ - دخول الغازات   ٦ - فرن الاتحاد   ٧ - خروج الغازات   ٨ - مُبرّد للماء
٩ - مُبرّد الغازات   ١٠ - مُبرّد للنشادر المتكون   ١١ - مازج للنشادر والهواء   ١٢ - فرن احتراق النشادر
١٣ - مازج للازوت والايدروچين   ١٤ - عدّاد للغازات   ١٥ - أبراج حامض الازوتيك



شكل ٥

<u>مشروع طريقة كازال</u>

١- مدخل مخلوط الغازات. ٢- ضاغط ٣- طلمبة. ٤، ١١ - منقط الزيت
٥- منظف. ٦- فرن النشادر ٧- مُبرِّد. ٨، ٩ مخزن الامونيا (النشادر المضغوط).
١٠- مخرج النشادر. ١٢- اناء لتجمع النشادر. ١٣- مخرج ماء النشادر



شكل ٦

<u>فرن كازال</u>

١- مدخل مخلوط الغازات. ٢- ٢، ٢؟ مبرِّد. ٣- مقاوم كهربائى. ٤- عامل مساعد
٥- مخرج النشادر ٦- مدخل التيار لنمرة ٣. ٧- مقياس الحرارة